

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Řešení vlastní spotřeby paroplynových elektráren
Resolution of Self-Consumption Steam-Gas Power
Plants

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Ing. Miloš Jendryščík, PhD.**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: **Řešení vlastní spotřeby paroplynových elektráren.
Resolution of Self-Consumption Steam-Gas Power Plants.**

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte zapojení silové části a části zajištěných napětí.
2. Sestavte přehledové schéma zapojení vývodu a vlastní spotřeby elektrotechnické části.
3. Sestavte přehledové schéma zajištěných napětí:
 - a) zapojení stejnosměrných zdrojů (baterií),
 - b) zapojení zdroje nepřetržitého napájení,
 - c) zapojení dieselalternátoru.
4. Doporučte způsob:
 - a) vyvedení výkonu z alternátoru do nadřazené přenosové rozvodné elektrické sítě 220 kV,
 - b) zapojení vlastní spotřeby elektrotechnické části.
5. Navrhněte schéma vyvedení elektrického výkonu včetně zapojení vlastní spotřeby

Seznam doporučené odborné literatury:

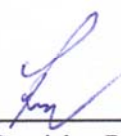
Firemní literatura ČEZ, a.s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce, stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jaromír Kijonka, CSc.**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne

.....
Ing. Miloš Jendryščík, Ph.D.

Poděkování

Děkuji

- panu **Ing. Leo Vítovi** za profesionální vedení a doporučení i náhled, se kterým přistupoval k mému vedení bakalářské práce.

Abstrakt:

Bakalářská práce řeší návrh zapojení vlastní spotřeby paroplynové elektrárny. Řešení reflektuje zkušeností z provozu typických uhelných a vodních elektráren společnosti ČEZ a nezapomíná na ekonomickou výhodu řešení, především regulace U/Q.

Klíčová slova:

základní zdroj, zařízení společné spotřeby, zajištěné napájení, zařízení vlastní spotřeby, práh elektrárny, rezervní zdroj, stupeň důležitosti dodávky elektrické energie, dozorna, rozvodna, elektrická stanice, akumulátorovna, přechodová skříň, ovládací skříňka

Abstract:

The bachelor's thesis solves a common consumption design of combined cycle power plants. The solution reflects experiences from an operation of typical coal and hydro power plants of CEZ Company and does not forget on an economic benefit, especially of a U/Q regulation.

Keywords:

Base load power plant (primary source), Station service, Interruptive power supply, Power plant border, Stand-by source, Supply importance level, Control room, Switchyard, Electric station, Battery room, Transition cabinet, Control box

Anotace:

Společnost ČEZ je jedním z velmi silných podniků ve výrobě a distribuci elektrické energie nejenom v České republice ale i v Evropě. Její výrobní portfolio, které zahrnuje elektrárny uhelné, jaderné, vodní, větrné a sluneční, umožňuje velmi flexibilně reagovat na požadavky trhu. Společnost ČEZ, která vystupuje navenek jako jeden právní subjekt, dovede tuto výhodu využít. Ale nelze jen využívat výhod portfolio, je nutno také rozvíjet výrobní potenciál a řešit technické problémy provozovaných elektráren.

Pochopitelně, že provozované elektrárny postupně technicky stárnou. Proto jsou neustále zvažovány možnosti prodloužení technické životnosti provozovaných konkrétních elektráren, dochází k postupnému plánovanému útlumu některých elektrárenských zdrojů a současně dochází ke strategickým rozhodnutím o výstavbě nových elektráren.

Od druhé poloviny osmdesátých let nebyla společnosti ČEZ postavena nová elektrárna a projekční ústavy již nemají dostatečně erudované odborné pracovníky v dané problematice. Proto dochází v přípravných a projekčních pracích k častým nedorozuměním a koncepčním nedostatkům. Právě eliminace zmíněných technických nedostatků je nosnou myšlenkou bakalářské práce. Bylo by nezodpovědné nevyužít intelektuální potenciál nastupující generace budoucích energetiků a projektantů, kteří nejsou zatíženi „profesionální slepotou“ a jejichž odborný růst je formován velmi zkušenými pedagogy vysokých škol, technických univerzit.

Protože společnost ČEZ chce být na trhu s elektřinou ve střední a jihovýchodní Evropě jedničkou, vypsala téma na zpracování bakalářské práce, které zní: Řešení vlastní spotřeby paroplynových elektráren.

Bakalářská práce řeší návrh základního zapojení elektrotechnické části paroplynové elektrárny v rozsahu:

- vyvedení vyrobené elektrické energie do rozvodné sítě;
- napojení společné spotřeby elektrárny na rozvodnou síť;
- zapojení blokové spotřeby do úrovně hlavních rozváděčů;
- zapojení společné spotřeby do úrovně hlavních rozváděčů;
- zapojení zajištěného napájení.

Součástí bakalářské práce je návrh měření elektrické energie – dodané a odebrané z rozvodných sítí a na obchodní využití regulace U/Q , což ekonomicky zvýhodní užité vlastnosti elektrárny. Je nutné si uvědomit, že neřešení nebo pozdní řešení technických problémů má dopad do provozní ekonomie elektrárny.

V bakalářské práci jsou v dostatečné míře využité zkušenosti techniků společnosti ČEZ v jednotlivých odborných oblastech, které byly nebo jsou řešeny v předprojektové fázi výstavby připravovaných nových elektráren, zejména:

tuzemské projekty v přípravě:

- KO EPR (3 x 250 MW – uhelná elektrárna) – Česká republika;
- PPC EPC (CCGT 840 MW – paroplynový zdroj) – Česká republika;
- PPC EMĚ (CCGT 840 MW – paroplynový zdroj) – Česká republika.

zahraniční projekty v přípravě:

- CCGT Varna (CCGT 840 MW – paroplynový zdroj) – Bulharsko;
- CCGT Dufi (CCGT 850 MW – paroplynový zdroj) – Maďarsko;
- CCGT Slovnaft (CCGT 850 MW – paroplynový zdroj) – Slovensko;
- CCPP Hatay (800 – 900 MW – paroplynový zdroj) – Turecko;
- CCGT Skawina (430 MW – paroplynový zdroj) – Polsko.

projekty v realizaci:

- KO ETU (4 x 200 MW – uhelná elektrárna) – Česká republika;
- NZ ELE (660 MW – uhelná elektrárna) – Česká republika.

Seznam použitých symbolů a zkratek:

- vvv – velmi vysoké napětí (obvykle 110 kV, 220 kV, 400 kV)
- vn – vysoké napětí (obvykle 6,3 kV, 10,5 kV)
- nn – nízké napětí (obvykle 230 V, 400 V, 690 V)
- Watch-dog – způsob hlídání primární napěťové regulace

Obsah:

1.	Úvod	10
2.	Základní pojmy	11
3.	Technické řešení vlastní spotřeby elektrotechnické části	13
3.1	Vyvedení elektrického výkonu a zapojení vlastní spotřeby bloku	13
3.1.1	Alternátor a budicí systém	13
3.1.2	Generátorový vypínač	15
3.1.3	Elektrický uzel za generátorovým vypínačem	16
3.1.4	Vývodový transformátor	16
3.1.5	Zapouzdřená elektrická stanice vvn – 220 kV	17
3.1.6	Odbočkový transformátor	19
3.1.7	Hlavní vn rozváděče spotřeby bloků	19
3.1.8	Rezervní napájení technologie výrobního bloků	20
3.2	Napojení společné spotřeby na rozvodnou elektrickou síť	21
3.2.1	Transformátor společné spotřeby	21
3.2.2	Zapouzdřená elektrická stanice vvn – 110 kV	22
3.2.3	Záložní transformátor	23
3.2.4	Hlavní vn rozváděč společné spotřeby	24
3.2.5	Podružné vn rozváděče společné spotřeby	25
3.2.6	Rezervní napájení společné technologie	26
3.2.7	Dieselalternátor	26
4.	Zajištěná napájení vlastní spotřeby elektrotechnické části	28
4.1	Postup použití jednotlivých zdrojů zajištěného napájení	28
4.2	Střídavé zdroje zajištěného napájení	28
4.3	Stejnoseměrné zdroje zajištěného napájení	30
5.	Zdroje pro napájení technologických zařízení a osvětlení	32
5.1	Hlavní zdroje pro napájení technologického zařízení spotřeby bloku a společné spotřeby	32
5.2	Hlavní zdroje pro osvětlení	33
5.2.1	Nouzové osvětlení	33
5.3	Provedení vn a nn rozváděčů	33
6.	Měření elektrických energií	34
6.1	Obchodní měření elektrické energie	34
6.2	Kontrolní měření elektrické energie	34
6.3	Měření elektrické energie pro ekonomii provozu	34
6.4	Jednotný energetický čas	35
7.	Půdorysné řešení	36
7.1	Generátorový vypínač	36
7.2	Vývodový a odbočkový transformátor, transformátory společné spotřeby a záložní transformátor	36
7.3	Zapouzdřené elektrické stanice	36
7.4	Hlavní vn rozváděče spotřeby bloků a společné spotřeby	37
7.5	Podružné vn a nn rozváděče spotřeby bloků a společné spotřeby	37
7.6	Zařízení zajištěného napájení	37
7.7	Dieselalternátor	37
8.	Rozvodné soustavy	38
8.1	Zařízení vvn, vn	38
8.2	Zřízení nn a stejnosměrná zařízení	38
9.	Závěr	39
	Literatura	40
	Přílohy	40

1. Úvod

Současná praxe v projektové přípravě nových elektrárenských zdrojů je charakteristická určitou nekoncepčností a snahou výrobců elektrotechnických zařízení „prodat své výrobky za každou cenu“. Rovněž určitým nedostatkem je skutečnost, že projektování je na počátku rozvoje výuky na vysokých školách, technických univerzitách. Prostě není vytvořen v myšlení odborníků vhodný model, který by byl s více či méně obměnami použitelný. Chceme-li proto vytvořit určitou koncepci pro řešení vlastní spotřeby elektrotechnické části nových elektráren musíme do vědomí odborníků přenést požadovaný postup, požadovaný model, jako odraz našeho poznání z reálného světa – z nabytých zkušeností.

Návrh zapojení vlastní spotřeby elektrotechnické části je postaven na zkušenostech z přípravy výstavby nových elektráren a na nových technologiích a výsledcích vývoje. Proto nelze chápat návrh zapojení vlastní spotřeby jako dogma! Proto je zvolen pojem modul, protože modul lze měnit – modelovat, musí být schopen odrážet nové poznatky. Čím více bude propracována koncepce, tím menší budou budoucí nepříznivé dopady do provozovaného díla – elektrárny. A to jak v technické části tak bezpečnosti osob.

Základním prvkem pro návrh zapojení vlastní spotřeby elektrotechnické části jsou výsledky technologické části, tj. musí být znám způsob výroby energie, která bude pohánět turbosoustrojí. Společnost ČEZ stanovila ve svém zadání plyn, tzn. že se předpokládá vybudování paroplynového zdroje. Zadavatelem bakalářské práce není stanoveno do jaké rozvodné sítě bude elektrický výkon vyváděn a z jaké rozvodné sítě bude napájena společná spotřeba elektrárny. Tyto vstupní podmínky byly stanoveny na základě poznatků techniků společnosti ČEZ.

Návrh zapojení vlastní spotřeby je rozdělen do tří základních částí:

- vyvedení elektrického výkonu a zapojení spotřeby bloku;
- napojení společné spotřeby na rozvodnou elektrickou síť;
- zajištění napájení vlastní spotřeby elektrotechnické části.

Dále pak řeší základní zdroje vlastní spotřeby v členění na technologii a osvětlení, přičemž je dodržena zásada, že světelné zdroje nesmí být napojeny na technologické transformátory. Protože se v praxi zapomíná na měření elektrické energie, což představuje nejenom určitou formu hospodárnosti elektrárny, ale později velké problémy s umístěním měřících transformátorů proudu a napětí, jsou v návrhu akceptována všechna podstatná měření elektrické energie, tj.:

- obchodní a kontrolní měření elektrické energie – ve vztahu k odběrateli vyrobené elektrické energie;
- měření elektrické energie pro ekonomii provozu.

Součástí bakalářské práce jsou doporučená umístění rozvoden, přičemž je zcela eliminováno umístění rozváděčů „volně“ v prostorách technologie. Rozvodné soustavy jsou navrženy z pohledu zvyklosti v České republice, protože v zahraničí nás mnohdy překvapí pro nás nezvyklé napěťové úrovně.

Obecně lze říci, že základní prvky pro zapojení vlastní spotřeby elektročásti jsou shodné jak pro uhelné tak i vodní elektrárny. Ale v detailech, zejména zajištěného napájení se výrazně liší – u uhelných elektráren musí být vyšší stupeň zajištěnosti z důvodu větších tepelných setrvačností technologického zařízení.

2. Základní pojmy

Základní zdroj – představuje elektrický zdroj napájení pro zajištění základních funkcí technologického procesu elektrárny.

Zařízení společné spotřeby – název pro skupinu technologických zařízení elektrárny jejichž elektrotechnická část je napojená na elektrorozváděče napájené z transformátorů společné spotřeby (např. zařízení pro úpravy vody, výroba stlačeného vzduchu, ale také pomocné provozy – dílny, sklady, provozní a správní budova apod.).

Zařízení spotřeby bloku – název pro skupinu technologických zařízení elektrárny, jejichž elektrotechnická část je napojená na elektrorozváděče napájené z odbočkového transformátoru (např. zařízení turbosoustrojí, strojovny, kotelny apod.).

Zařízení vlastní spotřeby – název pro celou skupinu technologických zařízení elektrárny jejichž elektrotechnická část je napojena na transformátor(y) společné spotřeby a odbočkový transformátor; vlastní spotřeba elektrotechnické části elektrárny má dvě části – spotřebu bloku a společnou spotřebu.

Zajištění napájení – jiný, na základním nebo rezervním zdroji nezávislý způsob napájení elektrotechnické části technologického zařízení (např. napájení ze staničních akumulátorových baterií, napájení ze zdrojů nepřetržitého napájení, apod.), přičemž přechod ze základního nebo rezervního zdroje elektrické energie na zdroj zajištěného napájení je realizován bez přerušení dodávky elektrické energie napájející příslušné technologické zařízení.

Práh elektrárny – je pomyslné předávací místo elektrické energie představující rozhraní mezi výrobcem elektrické energie a odběratelem elektrické energie, vždy ve směru toku elektrické energie; u vývodu elektrické energie směr od alternátoru do rozvodné elektrické sítě, v případě napájení společné spotřeby směr z rozvodné elektrické sítě do elektrárny.

Rezervní zdroj – představuje zdroj elektrického napájení z jiného než základního zdroje napájení, přičemž přechod ze základního zdroje napájení na rezervní zdroj napájení je s přerušením dodávky elektrické energie. Mezi rezervní zdroje napájení přísluší i dieselalternátor.

Stupeň důležitosti dodávky elektrické energie – vyjadřuje míru (důležitost) zajištěnosti dodávky elektrické energie pro příslušné technologické zařízení.

Pro napájení elektrotechnické části technologického zařízení tři základní stupně důležitosti dodávky elektrické energie:

- dodávka 1. stupně důležitosti
- dodávka 2. stupně důležitosti
- dodávka 3. stupně důležitosti

1. stupeň důležitosti dodávky elektrické energie znamená, že příslušné technologické zařízení je v případě výpadku základního zdroje elektrické energie vždy napájeno z rezervního napájení,

příčemž doba přerušení dodávky elektrické energie je tak krátká, že nezpůsobí ohrožení zdraví osob nebo poškození technologického zařízení nebo jinou ekonomickou ztrátu.

2. stupeň důležitosti dodávky elektrické energie znamená, že příslušné technologické zařízení bude v případě výpadku základního zdroje elektrické energie po dobu nutnou k zajištění rezervního napájení bez napájení, přičemž doba výpadku napájení nesmí způsobit ohrožení zdraví osob nebo poškození technologického zařízení nebo jinou ekonomickou ztrátu.

3. stupeň důležitosti dodávky elektrické energie znamená, že technologické zařízení může být po výpadku základního zdroje elektrické energie mimo provoz a přesto nedojde k žádnému ohrožení zdraví osob nebo poškození technologického zařízení nebo jiné ekonomické ztrátě.

Dozorna – je prostor, ze kterého je řízen nebo dozorován hlavní technologický proces.

Rozvodna – je uzavřený prostor nebo místnost, ve kterém jsou umístěné elektrorozváděče.

Elektrická stanice – je elektrické zařízení umožňující přenos elektrické energie z rozvodné elektrické sítě „do elektrárny“ nebo „z elektrárny“. Provedení elektrické stanice může být venkovní, nebo nitřní.

Akumulátorovna – zvláštní místnost pro umístění staničních akumulátorových baterií.

Přechodová skříň – svorkovnicová skříň umístěná v těsné blízkosti elektromotoru, ve které je ukončen na svorkovnici neohebný kabel a z této skříňky je veden ke svorkovnici motoru ohebný kabel. Smyslem přechodové skříně je eliminovat poškození neohebného (přívodního – silového) kabelu při montážních pracích prováděných na motoru.

Ovládací skříňka – zařízení umožňující ovládání motoru nebo jiného zařízení z místa motoru nebo jiného zařízení. Ovládání bývá obvykle možné až po předchozím uvolnění ovládacích prvků z řídicího systému.

3. Technické řešení vlastní spotřeby elektrotechnické části

V současné době není k dispozici žádná ucelená publikace nebo jiný technický předpis řešící uvedenou problematiku. Abychom zabránili budoucím nevhodným technickým řešením, mající přímý negativní dopad na ekonomii provozu a údržbu zařízení, předkládám technické řešení dané problematiky.

3.1 Vyvedení elektrického výkonu a zapojení vlastní spotřeby bloku

Elektrotechnické zařízení vlastní spotřeby bloku bude zajištěno ve 2. stupni důležitosti dodávky elektrické energie. Vybraná technologická zařízení spotřeby bloku budou zajištěna v 1. důležitosti dodávky elektrické energie. Technologické zařízení spotřeby bloku nemající přímý vliv na výrobu elektrické energie bude zajištěno ve 3. stupni důležitosti dodávky.

3.1.1 Alternátor a budicí systém

Provedení alternátoru je věcí výrobce včetně velikosti výstupního napětí a výkonu. Aby alternátor nebyl závislý na dodávce napětí z „cizího zdroje“ je výhodné použít jako zdroj budicího napětí budicí generátor, který využívá magnetickou remanenci, se systémovým stabilizátorem (tzv. PSS faktor – Power System Stabilization) a ne budicí transformátor. Elektrický uzel alternátoru je vhodné uzemnit přes plynule laditelnou indukčnost.

Přechod stejnosměrného budicího napětí z budicího generátoru do alternátoru bývá řešen buď pomocí kartáčů a kroužků – tzv. kluzný kontakt nebo polovodičově. Abychom vyloučili nepříznivé vlivy kluzného kontaktu doporučujeme použít napájení alternátoru pomocí polovodičů. Nevýhodou polovodičového způsobu napájení alternátoru je proudové omezení polovodičů. Současnou výkonovou hranici alternátoru je výkon cca 300 MW. Předpokládejme, že náš hlavní alternátor bude mít výkon 250 MW.

Paroplynové zdroje jsou charakteristické tím, že mají dva alternátory – hlavní a tzv. malý. Hlavní alternátor, v našem případě má výkon 250 MW, je poháněn energií uvolněnou při spalování plynu. Malý alternátor, předpokládejme výkon 50 MW, je poháněn parní turbinou – pára je vyrobená z odpadního tepla při spalování plynu.

Budicí generátor a řídicí systém buzení musí být řešen tak, aby umožňoval spolupráci s nadřazenou sekundární a terciální regulací a regulací U/Q včetně zpětnovazebních obvodů. Toto řešení může v určitých případech zvýšit skutečnou rezervu statické stability daného stroje v soustavě. Rovněž je vhodné vybavit budicí systém adaptivním hlídačem meze podbuzení, jehož charakteristika (většinou tzv. dvou přímková) se může posouvat s měnící se konfigurací rozvodné elektrické sítě, do které je elektrický výkon z alternátoru vyveden – z pohledu změny impedančního schématu.

Řídicí systém buzení je vhodné řešit v napěťových obvodech se 100 % zálohou – obvody napěťové primární regulace pracující v režimu watch-dog, obvody proudové a obvody regulačních

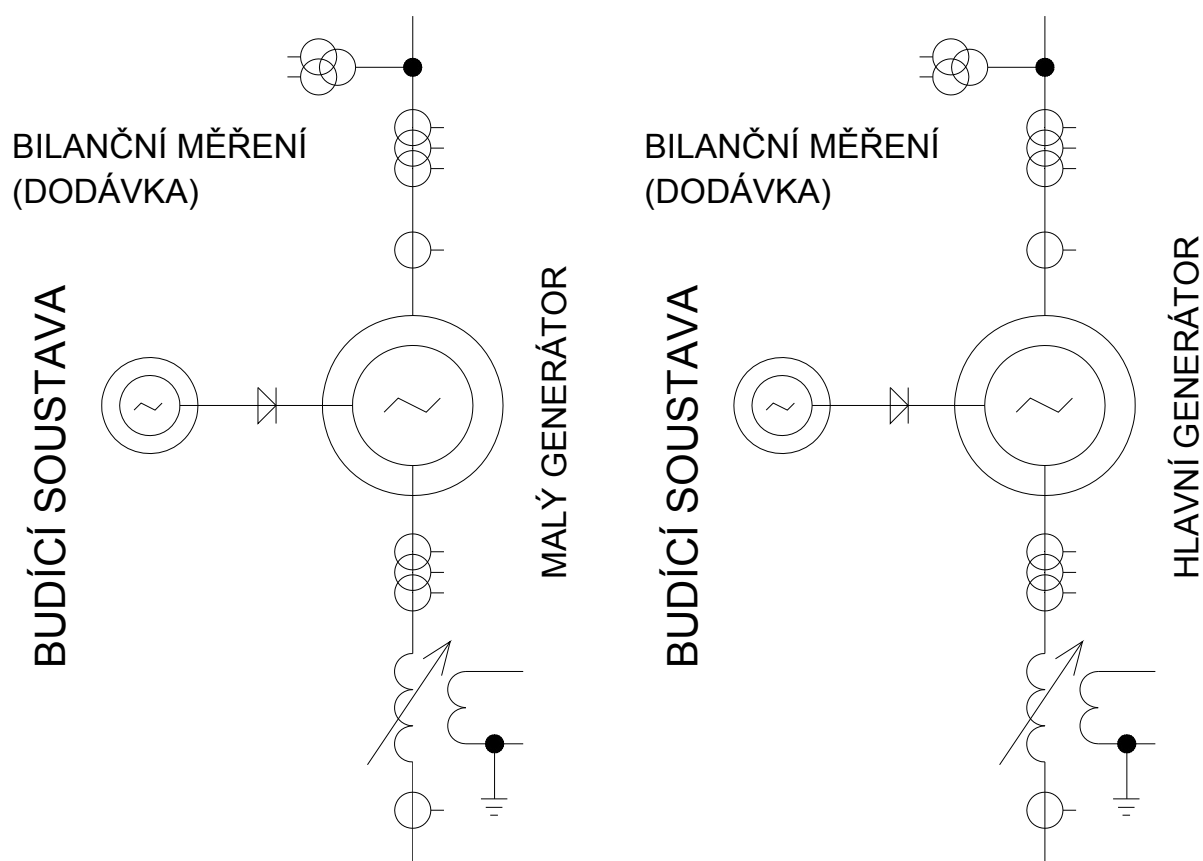
smyček napětí.

U paroplynových elektráren se snaží výrobci hlavních alternátorů použít budicí transformátory, protože hlavní alternátor u paroplynového zdroje se obvykle spouští jako asynchronní motor přes vysokonapěťový střídač. Malý alternátor budí budícím transformátorem.

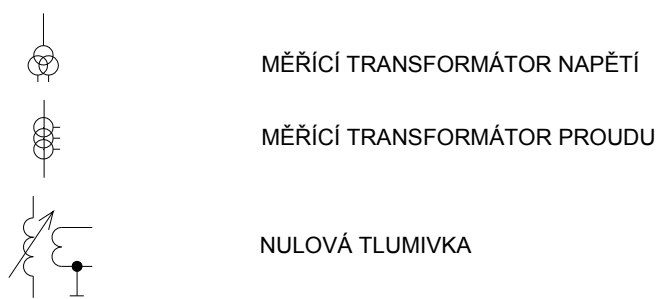
Z hlediska minimalizace zpětných vlivů na rozvodnou elektrickou síť je výhodnější rozbíhat hlavní alternátor jako synchronní motor. A právě zde je prostor pro diskuzi, ale obvykle se přihlíží jen k ekonomice a nikoli k technickým důsledkům a hlavní alternátor se spouští jako asynchronní motor.

V bakalářské práci předpokládáme rozběh hlavního alternátoru jako synchronní motor a buzení hlavního a malého alternátoru předpokládáme budícím generátorem. Tento popis zobrazuje schéma na obrázku 1.

Obrázek 1 Schéma alternátoru a budicího systému



LEGENDA:



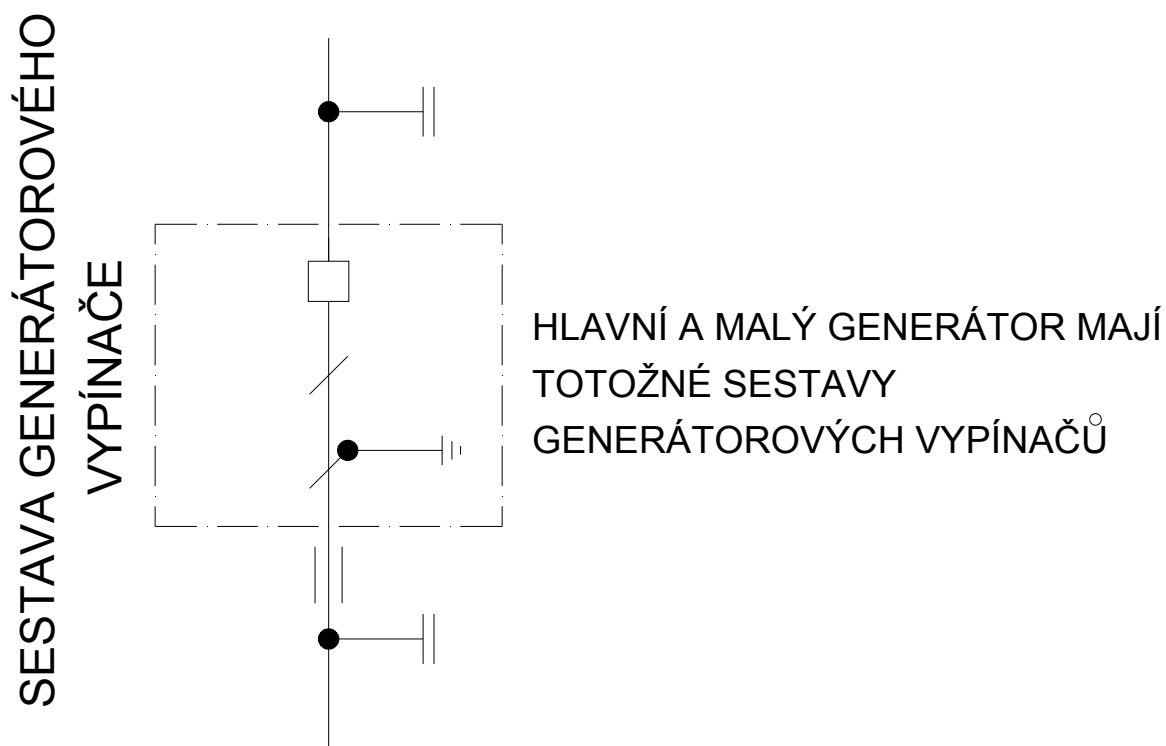
3.1.2 Generátorový vypínač

Na svorky alternátoru bude napojen generátorový vypínač v sestavě:





- a) zkratovač
- b) odpojovač
- c) výkonový – generátorový vypínač

Uvedená sestava v bodech a, b, c vytváří zapouzďřenou sestavu generátorového vypínače viz. obrázek 2. Zhášecím médiem generátorového vypínače bude medium SF_6 . Hodnota kondenzátoru pro omezení strmosti zotavného napětí bude dána výpočtem. Umístění kondenzátorů pro omezení strmosti nárůstu zotaveného napětí předpokládáme mimo hliníkové zapouzďření. Nicméně umístění kondenzátoru do zapouzďření je možné, ale prostor na umístění sestavy generátorového vypínače bude velký.

Obrázek 2 Schéma generátorového vypínače



LEGENDA:

	ZKRATOVAČ
	ODPOJOVAČ
	VYPÍNAČ
	ZAPOUZDŘENÍ

3.1.3 Elektrický uzel za generátorovým vypínačem

Elektrický uzel za generátorovým vypínačem a před vývodovým a odbočkovým transformátorem bude řešen pomocí zapouzdřených přípojníc. Zapouzdřená přípojnice představuje sestavu měděných přípojníc, které jsou uchycené na podpěrných izolátorech vsunutých do hliníkového opláštění ve tvaru trubky. Prostředí v zapouzdřených přípojnících vlivem teplotního rozdílu kondenzuje. Aby tato kondenzovaná voda nepůsobila dodatečné problémy – např. zkrat, bude vnitřní uzavřené prostředí zapouzdřených vodičů ošetřeno chemickou směsí pohlcující vlhkost, např. silikagelem. Výhodou zapouzdřených vodičů je jejich vysoká zkratová odolnost a značná životnost (min. cca 40 let). Nevýhodou zapouzdřených vodičů však je potřeba relativně velkého volného prostoru.

Nabízí se zde využít izolovaných vodičů, které jsou lépe přizpůsobivé z hlediska trasy, zabírají výrazně menší prostor, ale jejich izolace podléhá stárnutí (životnost cca do 20 let) a musí být prováděné pravidelné napěťové zkoušky, dle pokynů výrobce, které způsobují organizační problémy a rychlejší stárnutí izolace!

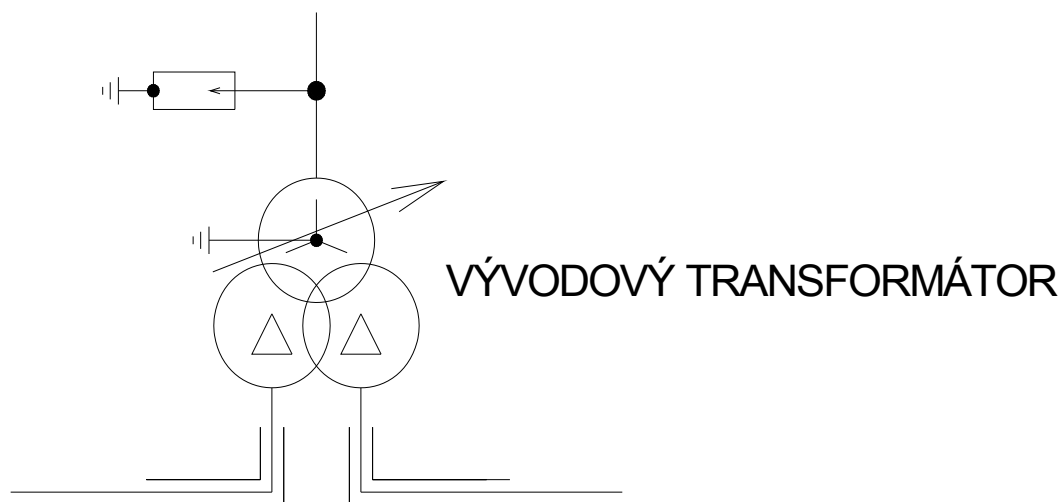
3.1.4 Vývodový transformátor

Vývodový transformátor předpokládáme trojvinutový, přičemž na napěťové straně 220 kV doporučujeme použít přepínač odboček pod zatížením. Smyslem přepínače odboček je rozšíření regulačního rozsahu jalového výkonu, tj. regulace U/Q , zejména v oblasti přebuzení alternátoru. Definitivní rozhodnutí o instalaci odboček pod zatížením na napěťové straně 220 kV bude vždy záviset na provozovateli rozvodné elektrické sítě 220 kV. Regulace U/Q , kromě technického významu, umožní i ekonomické zvýhodnění elektrárny, neboť představuje placenou systémovou službu pro provozovatele rozvodné elektrické sítě vvn, v našem případě 220 kV.

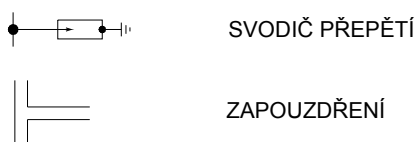
Za sekundárními svorkami vývodového transformátoru (napěťová strana 220 kV) budou do všech fází instalovány svodiče přepětí na bázi ZnO. Úkolem svodičů přepětí je omezit nebezpečné přepětíové vlny, vzniklé provozním nebo atmosférickým přepětími. Abychom zabránili ohrožení bezpečnosti osob vlivem roztržení tělesa svodiče přepětí, požadujeme provedení opláštění svodiče přepětí v silikonu.

Vývodový transformátor bude olejový, zapojení primárních stran (strany výstupů z alternátorů) do trojúhelníka, zapojení sekundární strany (strana rozvodné elektrické sítě) do hvězdy, uzel bude uzemněn. Schéma vývodového transformátoru zobrazuje obrázek 3.

Obrázek 3 Schéma vývodového transformátoru



LEGENDA:



3.1.5 Zapouzďená elektrická stanice vvn – 220 kV

Zapouzďená elektrická stanice vvn umožňuje vyvedení elektrického výkonu z alternátoru do rozvodné elektrické sítě a současně zajišťuje prvotní napájení elektrotechnického zařízení spotřeby bloku. Výhodou zapouzďené elektrické stanice je malý zabraný objem – prostor, min. nároky na údržbu a vysoká spolehlivost. Abychom zajistili maximální životnost a trvalé minimální finanční náklady na údržbu, bude zapouzďená elektrická stanice umístěná v místnosti, případně pod přístřeškem.

Za sekundární stranou vývodového transformátoru bude umístěná zapouzďená elektrická stanice vvn, jmenovitého napětí 220 kV, přičemž izolačním i zhášením médiem bude elektronegativní plyn SF₆. Sestava této stanice bude tvořena – v pořadí od sekundární strany vývodového transformátoru:

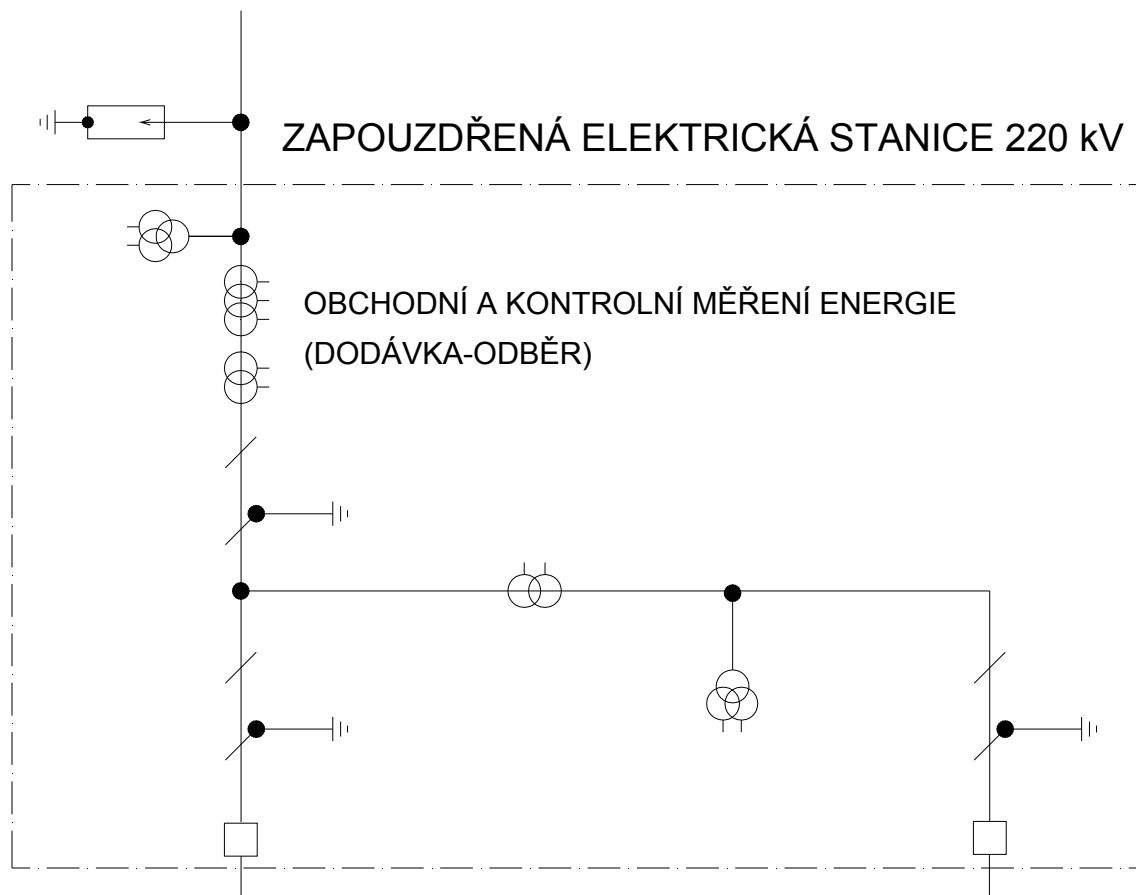
- výkonovým vypínačem
- zkratovačem
- odpojovačem
- příslušným počtem přístrojových transformátorů proudu a napětí

Na vstupu do zapouzďené elektrické stanice vvn, tj. ze strany rozvodné elektrické sítě 220 kV, budou do všech vinutí rovněž instalovány svodiče přepětí na bázi ZnO. Svodiče přepětí nebudou součástí zapouzďení elektrické stanice.

Vzniklá nebezpečná přepětí jak provozní tak atmosférická budou ošetřena dvoustupňově, tj. před zapouzdřenou elektrickou stanicí vvn a před sekundární stranou vývodového transformátoru. Rozvodná elektrická síť 220 kV je nazývána sítí přenosovou.

Popis této podkapitoly je zobrazen v obrázku 4.

Obrázek 4 Schéma zapouzdřené elektrické stanice



LEGENDA:



SVODIČ PŘEPĚTÍ



ZKRATOVAČ



ODPOJOVAČ



VYPÍNAČ



MĚŘÍCÍ TRANSFORMÁTOR NAPĚTÍ



MĚŘÍCÍ TRANSFORMÁTOR PROUDU

3.1.6 Odbočkový transformátor

Mezi vývodem z generátorového vypínače a primárními svorkami vývodového transformátoru bude provedeno napojení odbočkového transformátoru viz. obrázek 5. Z důvodu omezení zkratových proudů bude vhodné řešit odbočkový transformátor jako trojvinutový. Abychom umožnili regulaci napětí na vn straně odbočkového transformátoru, bude primární strana odbočkového transformátoru (tj. napěťová úroveň alternátoru) vybavená přepínačem odboček pod zatížením. Odbočkový transformátor bude olejový, primární vinutí bude spojeno do trojúhelníku, obě sekundární vinutí budou rovněž zapojená do trojúhelníku. Elektrický výkon z odbočkového transformátoru bude vyveden do dvou hlavních vn rozváděčů spotřeby bloku.

Obrázek 5 Schéma odbočkového transformátoru



3.1.7 Hlavní vn rozváděče spotřeby bloků

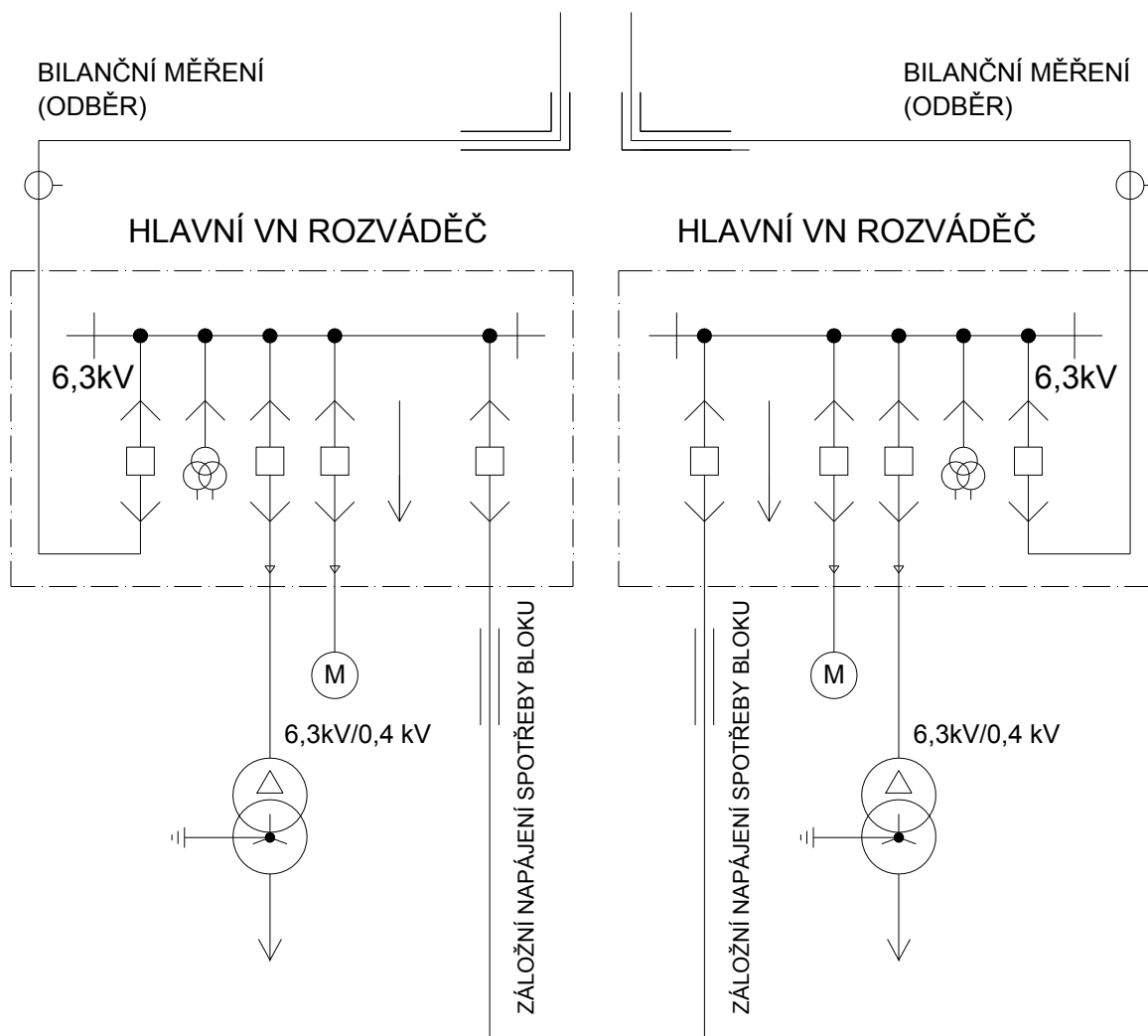
Napojení dvou hlavních vn rozváděčů spotřeby bloků na sekundární strany odbočkového transformátoru bude řešeno zapouzdřenými vodiči. Zapouzdřené vodiče budou ukončeny před výkonovými výsuvnými vypínači v přívodních, nebo-li napájecích skříních hlavních vn rozváděčů spotřeby bloků.

Hlavní vn rozváděče spotřeby bloků předpokládáme skříňového provedení s výkonovými vakuovými vypínači ve výsuvném provedení. Výsuvné provedení výkonových vypínačů představuje funkční vn odpojovače. Do posledních skříní hlavních vn rozváděčů spotřeby bloku budou přivedená zapouzdřená záložní vedení z hlavního vn rozváděče společné spotřeby a to z každé jeho poloviny. Zapouzdřená záložní vedení zajišťují záložní napájení hlavních vn rozváděčů spotřeby bloku, což umožní udržení výrobního bloku v aktivním stavu, vzniknou-li na vývodu z alternátoru dočasné poruchové stavy nebo umožní provádět kontrolu částí hlavních vn rozváděčů spotřeby bloků.

Hlavní vn rozváděče spotřeby bloků dále napájí přes vn/nn transformátory (o napěťovém převodu 6,3/0,4 kV) elektrotechnické zařízení technologie výrobních bloků.

Celkový popis hlavního vn rozváděče spotřeby bloků zobrazuje obrázek 6.

Obrázek 6 Schéma hlavního vn rozvaděče bloků



LEGENDA:



VÝSUVNÝ VYPÍNAČ



ZAPOUZDŘENÍ



MĚŘÍCÍ TRANSFORMÁTOR NAPĚTÍ

3.1.8 Rezervní napájení technologie výrobního bloků

Rezervní napájení technologie výrobních bloků bude realizováno z rezervních transformátorů o napěťovém převodu vn/nn nebo z dieseleternátoru. Projektant navrhující technologii výrobního bloku musí mít na paměti, že přechod ze základního napájení na rezervní napájení je vždy s přerušením dodávky elektrické energie příslušnému elektrotechnickému zařízení a využití

dieselalternátoru bude výkonově a časově velmi omezeno.

Rezervní transformátor vn/nn obvykle napájí formou prosmyčování několik hlavních nn rozváděčů (rozdávěče strojovny, rozváděče vodního hospodářství, rozváděče rozvodu plynu apod.).

3.2 Napojení společné spotřeby na rozvodnou elektrickou síť

Elektrotechnické zařízení společné spotřeby bude zajištěno ve 2. stupni důležitosti dodávky elektrické energie. Vybraná technologická zařízení společné spotřeby budou zajištěna v 1. důležitosti dodávky elektrické energie. Technologické zařízení společné spotřeby nemající přímý vliv na výrobu elektrické energie bude zajištěno ve 3. stupni důležitosti dodávky.

3.2.1 Transformátor společné spotřeby

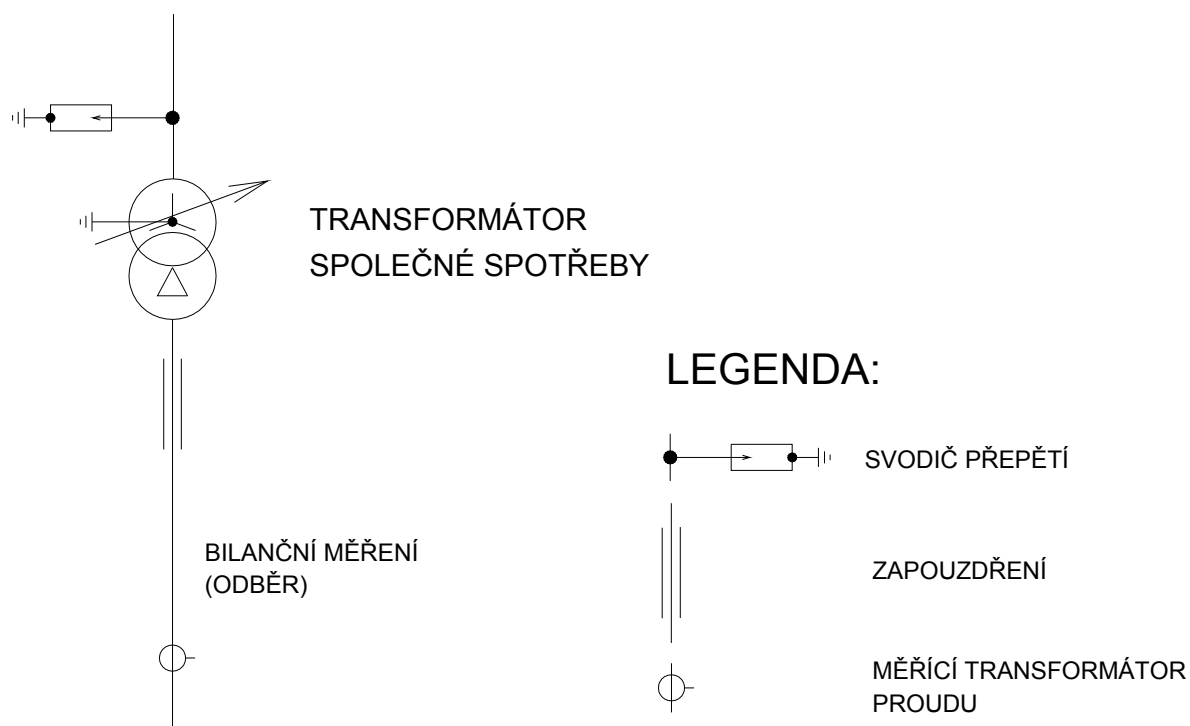
Předpokládáme dvouvinutový transformátor, který bude napojen na rozvodnou síť 220 kV přes zapouzdrěnou elektrickou stanici 220 kV. Převod transformátoru společné spotřeby bude 220 kV/ 6,3 kV. Zapojení primární strany transformátoru, tj. napěťová úroveň 220 kV, bude do hvězdy, uzel bude uzemněn a sekundární strana bude zapojená do trojúhelníku.

Primární strana transformátoru společné spotřeby bude vybavená přepínačem odboček pod zatížením. Před primární stranou transformátoru společné spotřeby budou instalovány ve všech fázích svodiče přepětí na bázi ZnO.

Elektrický výkon z transformátoru společné spotřeby bude vyveden do hlavního vn rozváděče společné spotřeby.

Celkový popis podkapitoly zobrazuje obrázek 7.

Obrázek 7 Schéma transformátoru společné spotřeby



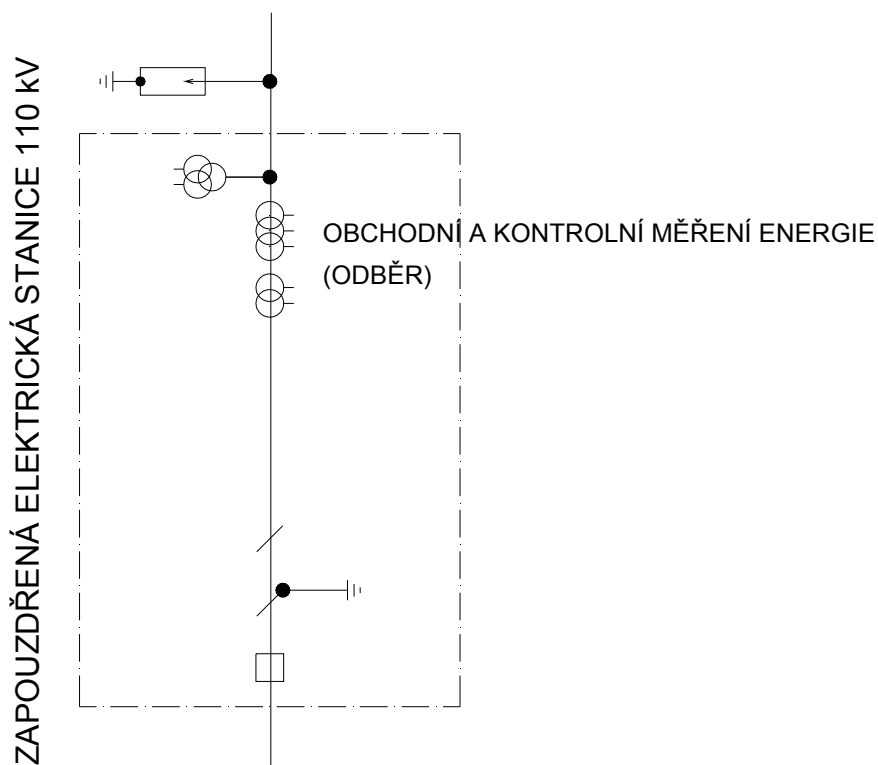
3.2.2 Zapouzdřená elektrická stanice vvn – 110 kV

Zapouzdřená elektrická stanice vvn – 110 kV zajistí přívod napětí z rozvodné elektrické sítě na primární stranu záložního transformátorů. Rozvodná elektrická síť 110 kV je nazývána sítí distribuční.

Před záložním transformátorem společné spotřeby bude umístěná zapouzdřená elektrická stanice vvn – 110 kV, přičemž izolačním i zhášecím médiem bude elektronegativní plyn SF₆. Sestava této stanice bude tvořena, v pořadí od primární strany transformátoru společné spotřeby:

- výkonovým vypínačem
- zkratovačem
- odpojovačem
- příslušným počtem přístrojových transformátorů proudu a napětí

Obrázek 8 Schéma zapouzdřené elektrické stanice vvn – 110 kV



LEGENDA:

	SVODIČ PŘEPĚTÍ		VYPÍNAČ
	ZKRATOVAC		MĚŘÍCÍ TRANSFORMÁTOR NAPĚTÍ
	ODPOJOVAC		MĚŘÍCÍ TRANSFORMÁTOR PROUDU

Stejným způsobem bude řešen přívod ze zapouzdřené elektrické stanice vvn – 220 kV, která bude napájet druhý ze dvou transformátorů společné spotřeby. Sestava části elektrické stanice 220 kV bude tvořena, v pořadí od primární strany transformátoru společné spotřeby:

- výkonovým vypínačem
- zkratovačem
- odpojovačem
- příslušným počtem přístrojových transformátorů proudu a napětí

Navržené zapojení transformátorů společné spotřeby na dvě rozdílné rozvodné elektrické sítě umožní větší spolehlivost při provozních situacích a maximálně zvýší operativnost a tím spolehlivost elektrárny.

Tento popis podkapitoly znázorňuje obrázek 8.

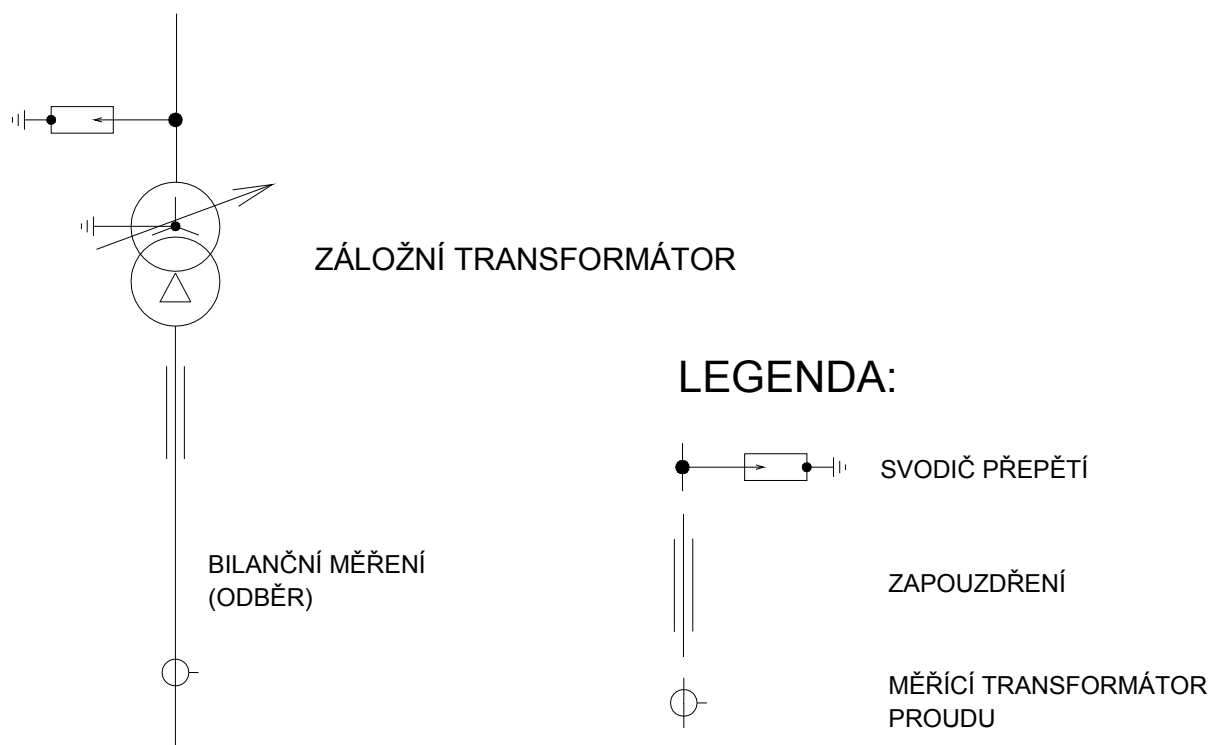
3.2.3 Záložní transformátor

Předpokládáme dvouvinutový transformátor – záložní. Převod záložního transformátoru bude 110 kV/ 6,3 kV. Zapojení primární strany transformátoru, tj. napěťová úroveň 110 kV, bude do hvězdy, uzel bude uzemněn a sekundární strana bude zapojená do trojúhelníku.

Primární strana záložního transformátoru bude vybavená přepínačem odboček pod zatížením. Před primární stranou transformátoru společné spotřeby budou instalovány ve všech fázích svodiče přepětí na bázi ZnO. Schéma záložního transformátoru je zobrazeno na obrázku 9.

Elektrický výkon záložního transformátoru bude vyveden do hlavního vn rozváděče společné spotřeby. Odtud pak dále do hlavních vn rozváděčů spotřeby bloků.

Obrázek 9 Schéma záložního transformátoru



Poznámka k odstavcům 3.2.1 a 3.2.3

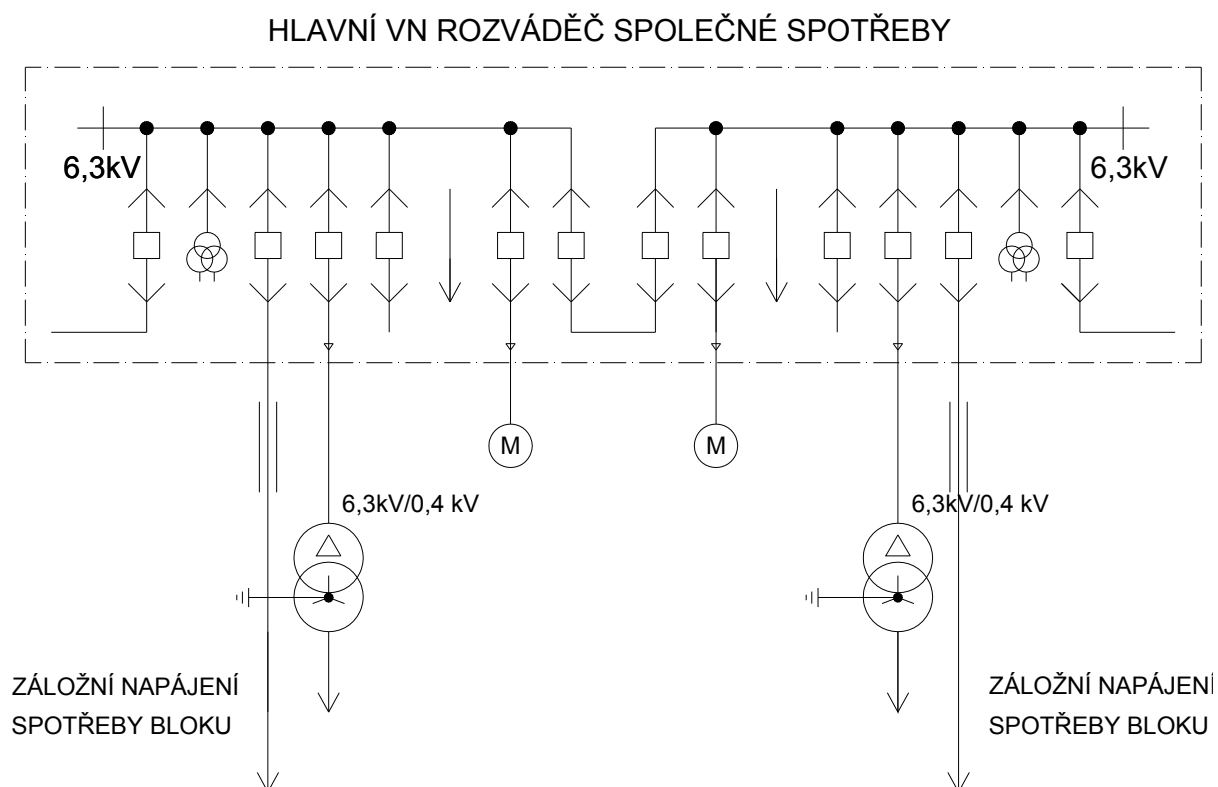
Je „věčnou diskuzí“, zda použít označení „společná spotřeba“. Jeden názor je, že paroplynový zdroj je jeden celek, který má mít hlavní napájení přes odbočkový transformátor a záložní napájení přes záložní transformátor. Druhý názor požaduje oddělení části technologie od blokové spotřeby a její přiřazení ke společné spotřebě, např. příprava a úprava vody, osvětlení areálu a budov apod. a instalaci záložního transformátoru. Rozhodujícím kritériem budou elektrické výkony hlavního a malého generátoru, stupeň zabezpečení důležitosti dodávky elektrické energie ze strany přenosové nebo distribuční soustavy a ekonomická návratnost výstavby nového zdroje.

Bakalářská práce dává přednost zapojení vlastní spotřeby se samostatným transformátorem společné spotřeby.

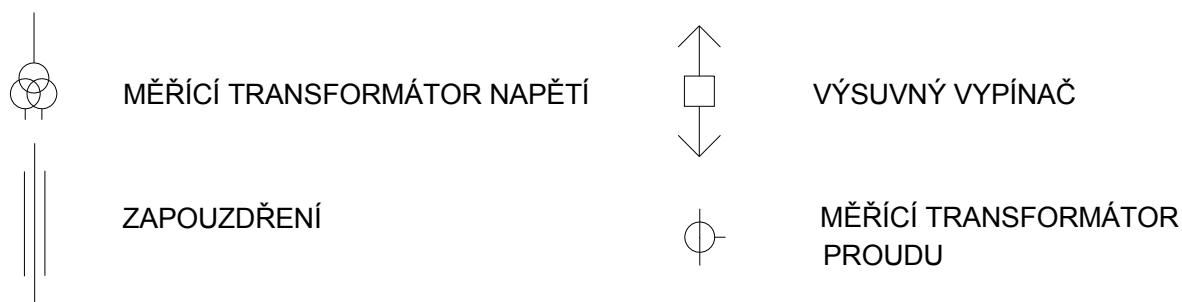
3.2.4 Hlavní vn rozváděč společné spotřeby

Napojení hlavního vn rozváděče společné spotřeby na sekundární strany transformátorů společné spotřeby bude řešeno zapouzdřenými vodiči. Zapouzdřené vodiče budou ukončeny před výkonovými výsuvnými vypínači v přívodních nebo-li napájecích skříních hlavního vn rozváděče společné spotřeby.

Obrázek 10 Schéma hlavního vn rozváděče společné spotřeby



LEGENDA:



Hlavní vn rozváděč společné spotřeby předpokládáme skříňového provedení, podélně dělený, s výkonovými vakuovými vypínači ve výsuvném provedení. Výsuvné provedení výkonových vypínačů představuje funkční vn odpojovače. Podélné dělení hlavního vn rozváděče společné spotřeby umožní provozování výrobního bloku, tj. příslušné technologie, bez omezení, při vzniku nežádoucích poruchových stavů. Tento rozváděč bude:

- pomocí zapouzdrěných vodičů zálohovat hlavní vn rozváděče spotřeby bloku, což představuje tzv. záložní napájení; záložní napájení bude vyvedeno z obou částí podélně děleného vn hlavního rozváděče společné spotřeby
- napájet podružné hlavní vn rozváděče společné spotřeby

Popis podkapitoly 3.2.4 ilustruje obrázek 10.

3.2.5 Podružné vn rozváděče společné spotřeby

Podružné vn rozváděče společné spotřeby předpokládáme podélně dělené, které budou napájet vn/nn transformátory (o napěťovém převodu 6,3/0,4 kV) napájející elektrotechnické zařízení technologie společné spotřeby, vn/nn transformátory osvětlení celé elektrárny, rezervní vn/nn transformátory podružné vn rozváděče společné spotřeby a elektrotechnická zařízení umožňující provoz zajištěného napájení.

Z různých důvodů, například izolační závady, mechanické poškození izolace, jednofázový zkrat, apod., dochází při vypnutí tohoto poruchového stavu, vlivem hoření elektrického oblouku, ke značným škodám na zařízení a výpadkům dodávky elektrické energie, neumožňující provoz společné technologie.

Abychom zabránili těmto výpadkům napájecích zdrojů společné spotřeby a tím přerušení přípravného technologického procesu, doporučujeme společnou spotřebu provozovat s nepřímým uzemněným uzlem transformátorů společné spotřeby pomocí indukčnosti – soustava kompenzovaná pomocí zhášecí tlumivky. Zhášecí tlumivka bude navržena podle celkového kapacitního proudu soustavy, na kterou bude zhášecí tlumivka připojena. Místem poruchy bude procházet tzv. zbytkový proud, tj. proud, který v době zemního spojení není vykompenzován. Výhodou této soustavy je umožnit provozování soustavy s trvalým zemním spojením na dobu:

- neomezenou
- nebo omezenou oteplením zhášecí tlumivky

Nevýhodou této soustavy je:

- při vzniku zemního spojení vzniká přepětí, které se projevuje nepříznivě v okolní síti
- zemní tlumivky musí mít plynulou automatiku ladění
- uzemnění neživých částí musí být navrženo na zbytkový proud při zemním spojení; nesmí být překročena dovolená dotyková napětí

Na základě uvedeného doporučujeme instalovat do dvou podružných vn rozváděčů dva umělé elektrické uzly, na které budou napojené plynule laditelné dvě zemní tlumivky (tzv. Pettersenovy tlumivky). Abychom zajistili určitou nadčasovost systému, bude-li budoucí kapacita kabelové sítě soustavy vyšší než v době výstavby elektrárny, rozšíříme laditelné zemní tlumivky systémem SVS (System Voltage Synchronization). Systém SVS umožňuje vyrovnat kapacitu v jednotlivých fázích. Pochopitelně, že každá změna soustavy – kapacity, musí způsobit nové naladění příslušné zemní tlumivky.

Protože při vyladěné zhášecí tlumivce dochází k výrazné nesymetrii ve fázových napětí a k vysoké hodnotě nulové složky napětí, dochází k rychlejší degradaci izolačních materiálů. Proto je nutno najít poruchové místo v co nejkratším čase. Z tohoto důvodu doporučujeme instalovat v rámci elektrických ochranných vn podružných rozváděčů společné spotřeby kvalitní směrové zemní ochrany.

Zemní laditelné tlumivky a systémy SVS budou vzájemně spolupracovat v reálném čase. Výsledkem bude optimální nastavení nulové složky napětí, což znamená dosažení min. hodnot dotykového a krokového napětí a eliminace nesymetrie soustavy.

3.2.6 Rezervní napájení společné technologie

Rezervní napájení společné technologie bude realizováno z rezervních transformátorů o napětíovém převodu vn/nn (o napětíovém převodu 6,3 kV/0,4 kV). Projektant navrhující společnou technologii musí mít na paměti, že přechod ze základního napájení na rezervní napájení je vždy z přerušením dodávky elektrické energie příslušnému elektrotechnickému zařízení.

3.2.7 Dieselalternátor

Provedení dieselalternátoru je záležitostí výrobce. Výstupní napětí dieselalternátoru požadujeme 400 V ~ AC, 50 Hz. Dieselalternátor bude pracovat do vyčleněné elektrické sítě a bude napájet vybrané elektrotechnické spotřebiče, které musí zajistit bezpečný provoz technologického zařízení v případě ztráty základního napětí (např. hlavní olejové čerpadlo turboalternátoru), případně zabránit výpadku výrobního bloku nebo poškození technologického zařízení. Přifázování dieselalternátoru, který vyvádí elektrický výkon přes svůj rozváděč, předpokládáme do cca 60-ti sekund. Protože dieselalternátor bude vyvádět elektrický výkon do beznapětíového rozváděče, není nutná fázovací souprava. Po obnovení dodávky základního napětí dojde na základě rozhodnutí operátora výrobního bloku k odstavení dieselalternátoru a přechodu na normální provoz výrobního bloku. Jen v případě závažné poruchy bude odstaven výrobní blok do poruchy a o odstavení dieselalternátoru opět rozhodne operátor výrobního bloku.

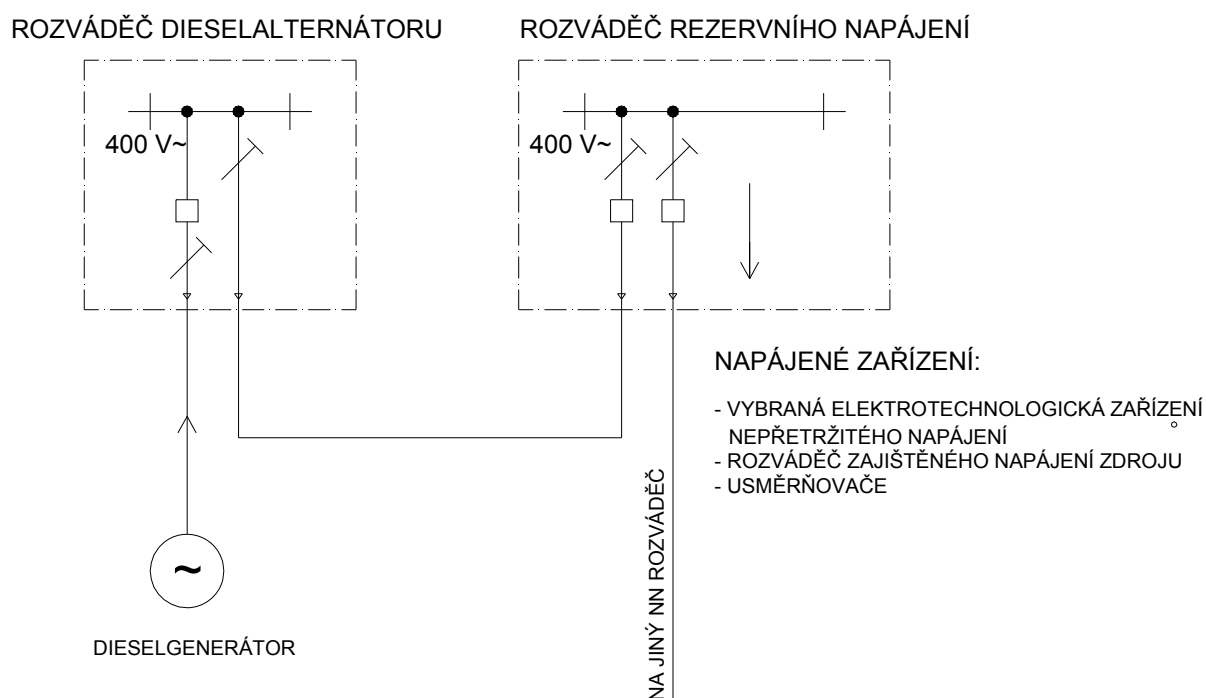
Dieselalternátor představuje rezervní napájení a proto je napájení vybraného technologického zařízení vždy s přerušením dodávky předchozího základního napájení!

Velmi důležité je předání informace o nastartování dieselalternátoru na příslušné zdroje nepřetržitého napájení, které na základě této informace upraví technické parametry svých vstupních obvodů – zdroje nepřetržitého napájení musí být schopné přijímat napětí z dieselalternátoru o větší toleranci frekvence než jsou parametry elektricky tvrdé rozvodné sítě vlastní spotřeby elektrárny.

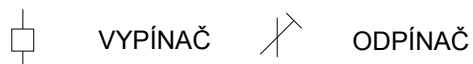
Po přiřazování dieselalternátoru k rozváděči musí být zajištěno postupné zatěžování dieselalternátoru – pomocí časových relé, aby nedošlo k jeho vypadnutí!

Schéma dieselalternátoru je uvedené na obrázku 11.

Obrázek 11 Schéma dieselalternátoru



LEGENDA:



4. Zajištěná napájení vlastní spotřeby elektrotechnické části

V případě ztráty napětí ze základních nebo rezervních zdrojů převezmou vybranou elektrickou zátěž, tj. zátěž, která umožní buď další provoz nebo funkčnost částí společné technologie nebo technologie výrobního bloku a to po dobu nezbytně nutnou k překlenutí tohoto vzniklého stavu nebo za účelem standardního odstavení (pokud je příčina iniciační události závažného charakteru neumožňující trvalý provoz) zdroje zajištěného napájení. Přechod na napájení ze zdroje zajištěného napájení je bez přerušení dodávky napětí.

4.1 Postup použití jednotlivých zdrojů zajištěného napájení

Současně se ztrátou základního napětí dojde k přepnutí na rezervní zdroje, přičemž trvale aktivní zdroje zajištěného napájení – staniční akumulátorové baterie o napětí 24 V a 220 V nebo zdroje nepřetržitého napájení převezmou napájení nejdůležitějších zařízení bez přerušení dodávky napětí.

V případě selhání rezervního zdroje dojde ke startu dieselalternátoru. Dieselalternátor začne napájet vybrané motory, servomotory a rovněž začne nabíjet staniční akumulátorové baterie všech napětí přes usměrňovače. Připojení elektrické zátěže na dieselalternátor je vždy s přerušením dodávky napětí, přičemž dieselalternátor musí být zatěžován postupně, aby nevypadl ze synchronismu a tím nedošlo k jeho odstavení. Proto budou usměrňovače, zajišťující nabíjení staničních akumulátorových baterií, připojované s časovým odstupem.

Po odeznění krátkodobé nepříznivé události dojde buď k plnému obnovení provozu technologického zařízení – za dohledu operátora s pomocí řídicího systému nebo k odstavení technologického zařízení do klidového stavu, rovněž s pomocí řídicího systému a dohledu operátora, nedojde-li k odeznění nepříznivé události.

Z uvedeného vyplývá, že pro elektrárenské využití dieselalternátoru není nutný co nejkratší čas přiřazování, ani velký elektrický výkon, což se příznivě odrazí ve finančních nákladech na dieselalternátor.

4.2 Střídavé zdroje zajištěného napájení

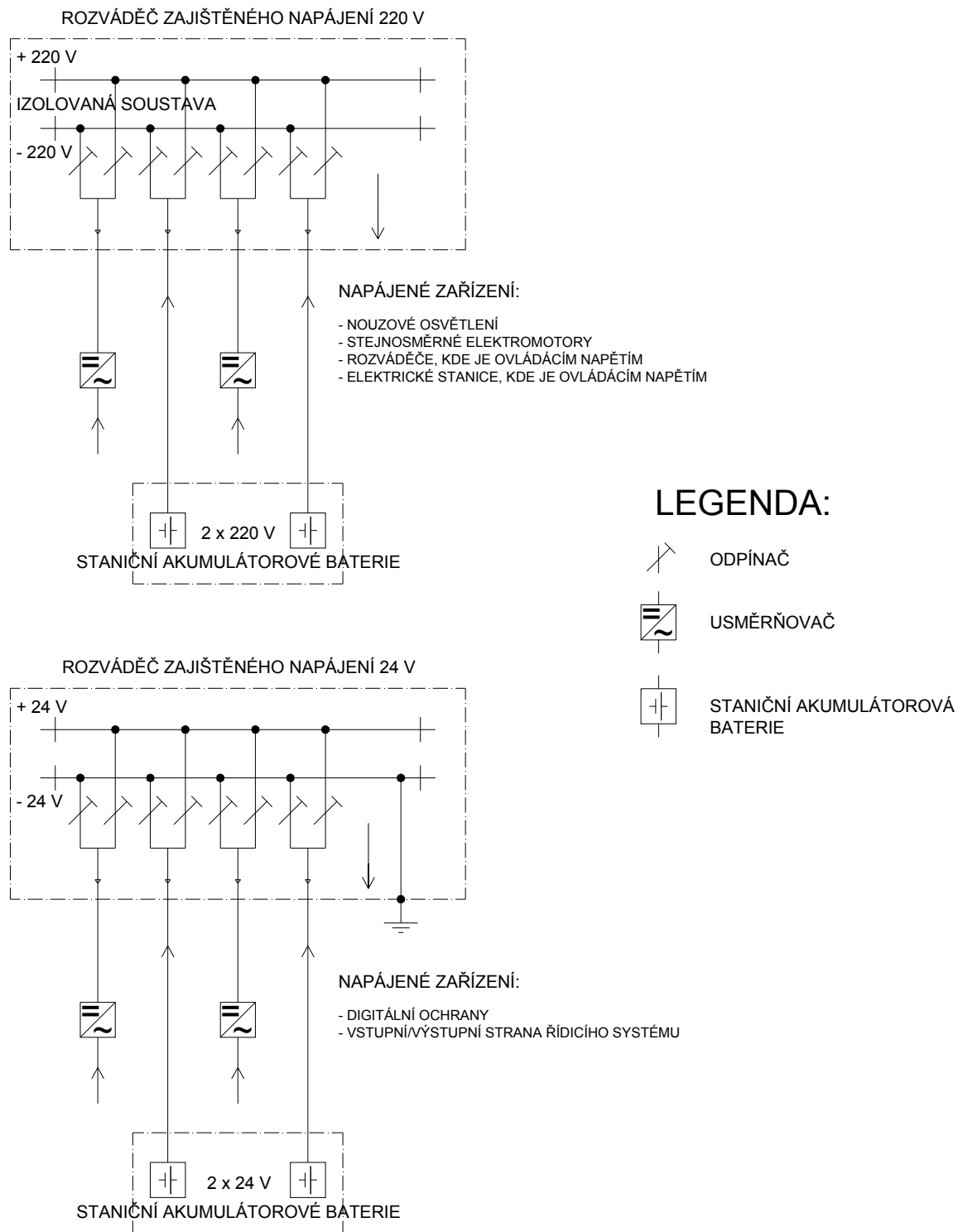
Střídavé zdroje zajištěného napájení představují zdroje nepřetržitého napájení, tzv. UPS (Uninterrupted Power Source) nebo střídače.

Vhodnější bude využít zdroj nepřetržitého napájení oproti střídači a to v modulárním provedení s IGBT tranzistory. Vstupní napětí bude střídavé, ze základních nebo rezervních zdrojů společné spotřeby. Stejnoseměrný mezikvadrant bude napájen ze samostatné staniční akumulátorové baterie, výstupní napětí bude střídavé. Protože zařízení, která jsou napájena ze zdroje nepřetržitého napájení, jsou zvláště důležitá, je nutné tyto zdroje nepřetržitého napájení provozovat v paralelním redundantním provozu. Z hlediska dimenzování zdroje nepřetržitého napájení musí vydržet každý

ze zdrojů nepřetržitého napájení jednofázový zkrat (obvykle po dobu 3 sekund), přičemž hodnota jednofázového zkratového výkonu závisí od zvolené výkonové řady.

Modulární provedení umožňuje snadné a levné budoucí navýšení výkonu, přičemž napojení na vstupní zdroje napětí jsou dimenzované na maximální odebíraný elektrický výkon. IGBT tranzistory umožní hospodárnější využití elektrické energie.

Obrázek 12 Schéma střídavé zdroje zajištěného napájení



Rozdíl mezi střídačem a zdrojem nepřetržitého napájení je v provedení. Střídač má jenom jedno vstupní napětí – a tím je stejnosměrné napětí ze staniční akumulátorové baterie. Požadavky kladené na baterie pro zdroje nepřetržitého napájení jsou uvedené v odstavci 4.3.

Zajištěné střídavé napětí ze zdrojů nepřetržitého napájení budou přednostně používána pro napájení monitorů řídicího systému elektrárny, části polní instrumentace a periférií (kamerové systémy, protokolární tiskárny apod.), elektropožární signalizaci, obchodní a kontrolní měření elektrické energie apod.

Schéma střídavé zdroje zajištěného napájení zobrazuje obrázek 12.

4.3 Stejnosměrné zdroje zajištěného napájení

Jedná se o napájení ze staničních akumulátorových baterií příslušného napětí (většinou 24V nebo 220V DC). Pro elektrárenský provoz se doporučuje používat staniční akumulátorové baterie, které musí být konstruované ve smyslu ČSN EN 50272-2, kapitola 4, odstavec 4.2, tj. uzavřený větraný akumulátorový článek opatřený víkem s otvorem, kterým mohou unikát plyny (viz IEC 600050-482), v základním seismickém provedení, s vysokou zkratovou odolností, s bezpečnostními pólovými vývody¹, s min. životností 15-ti roků, vztaženo k základní teplotě okolí 20 °C, zůstatkovou kapacitou C_{10} min. 80 %, po patnáctiletém provozu a min. pětiletým bezúdržbovým provozem. Baterie na konci své životnosti musí být schopna plnit projektované parametry!

Staniční akumulátorové baterie o napětí 24 V a 220 V budou trvale zapojeny v pohotovostním provozu. Tzn., že za normálního provozu zásobuje připojenou stejnosměrnou spotřebu elektrické energii usměrňovač a paralelně připojená staniční akumulátorová baterie je udržována v plně nabitým stavu. Rovněž baterie stejných napětí budou vzájemně zálohované pro případ výpadku některé z nich.

Staniční akumulátorové baterie 220 V budou napájet izolovanou stejnosměrnou síť 220 V. Aby se zabránilo nepříznivému zvýšení napětí u staničních baterií 220 V na maximálně dvojnásobek jmenovité hodnoty, tj. 440 V, při zemním spojení, požadujeme kladné póly baterií trvale propojit.

U staničních akumulátorových baterií 24 V toto opatření odpadá, protože soustava 24 V předpokládá uzemněný – (mínus) pól.

U staničních akumulátorových baterií požadujeme desetihodinovou kapacitu – C_{10} , pro jmenovitý proud a dobu vybíjení 2 hodiny. Výhodnější je stanovit kapacitu nové baterie dle časového průběhu zátěže.

Dále požadujeme, aby zkratová odolnost – zkratový proud staniční akumulátorové baterie – měl co nejvyšší hodnotu.

Staniční akumulátorové baterie o napětí 24 V budou zejména napájet vstupní/výstupní stranu řídicího systému elektrárny, digitální ochrany.

Staniční akumulátorové baterie o napětí 220 V budou napájet zejména, nouzové osvětlení,

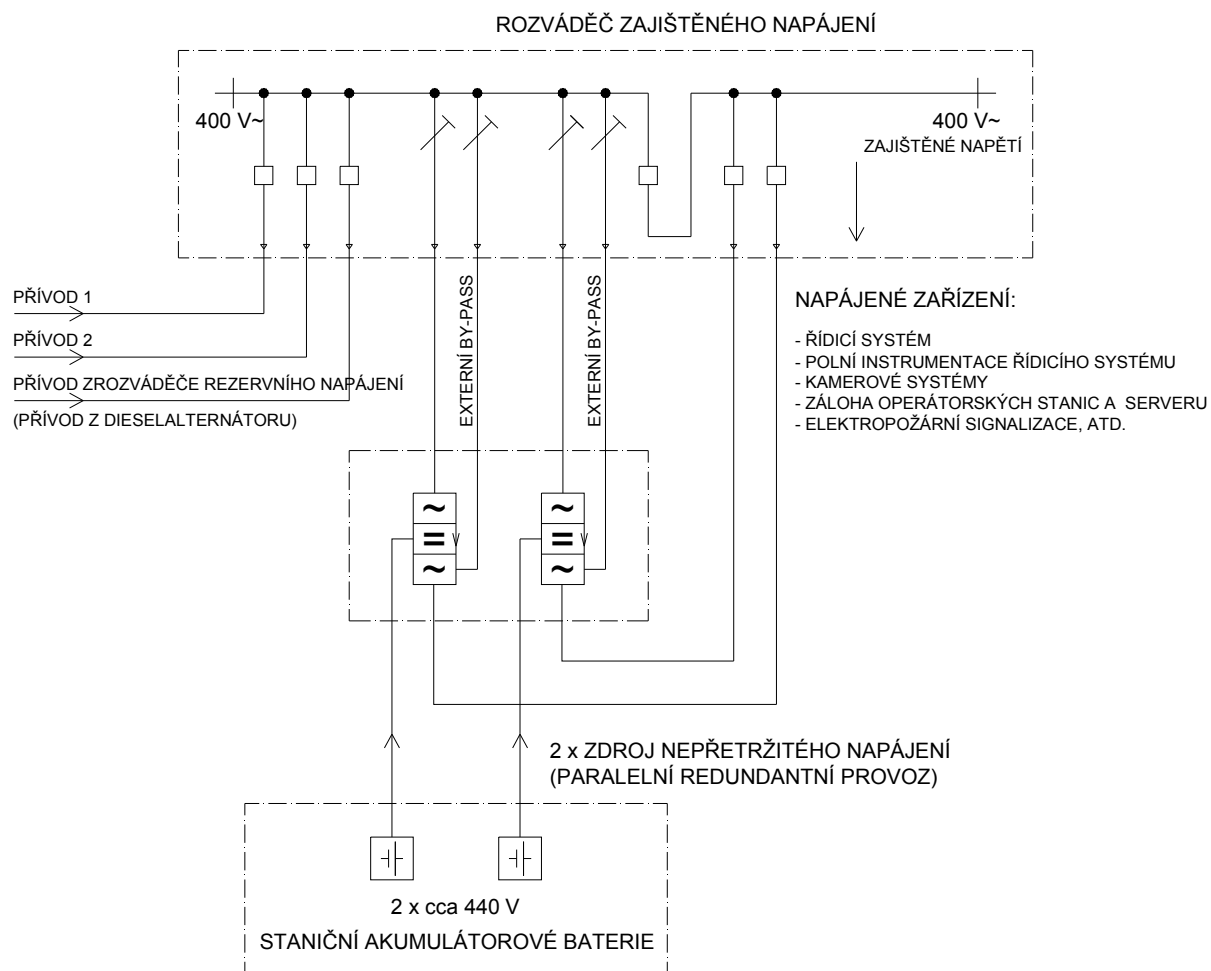
¹ nezaměňovat s katalytickými zátkami

stejnosemné elektromotory a představují základní ovládací napětí v elektrorozvaděčích nn, vn a v elektrických stanicích vvn – 110 kV a 220 kV.

Technologické zařízení výrobního bloku bude mít své staniční akumulátorové baterie, stejně jako společná technologie bude mít své vlastní staniční akumulátorové baterie.

Popis této podkapitoly dokumentuje schéma stejnosměrného zdroje zajištěného napájení na obrázku 13.

Obrázek 13 Schéma stejnosměrného zdroje zajištěného napájení



5. Zdroje pro napájení technologických zařízení a osvětlení

Způsob zálohování základních elektrických zdrojů – transformátorů vn/nn – je dán jednak rozsáhlostí strojní technologie a rozmístěním strojně technologického zařízení. Osvětlení elektrárny je zpravidla řešeno dvěma hlavními transformátory. Pochopitelně je vždy nutné přihlédnout k požadavkům na budoucí údržbu zařízení a ekonomii provozu.

5.1 Hlavní zdroje pro napájení technologického zařízení spotřeby bloku a společné spotřeby

Hlavními zdroji zajišťující napájení technologického zařízení vlastní spotřeby jsou transformátory o napětovém převodu vn/nn, které zálohují rezervní transformátory o napětovém převodu vn/nn. Počet rezervních transformátorů vychází zejména z výkonového rozložení spotřeby a úbytků napětí. Transformátory vn/nn pro základní napájení technologické zařízení výrobního bloku budou napojeny na hlavní vn rozváděče spotřeby bloku, transformátory vn/nn pro základní napájení společné technologické budou napojeny na hlavní vn rozváděč společné spotřeby.

Obdobně i rezervní transformátory vn/nn, zajišťující výpadek základního napětí, budou napájeny odděleně - buď ze spotřeby bloku nebo ze společné spotřeby.

Technologické transformátory vn/nn předpokládáme suché, ve skříní v provedení s redukcí vyšších harmonických (v elektrárně předpokládáme užití velkého množství spínaných zdrojů, měničů frekvence, apod.).

Hlavní a podružné nn rozváděče spotřeby bloku a společné spotřeby nepředpokládáme s podélným dělením, jak bylo v minulosti praktikováno. Důvody vedoucí k tomuto rozhodnutí jsou:

- projektant strojní části nikdy nezajistí souměrné zdvojení vybraných spotřebičů za účelem kontroly nn rozváděčů (v minulosti nesprávně označované jako „revize rozváděčů“)
- kontrola rozváděčů podle současných platných norem je prováděna 1 x za 4 roky
- kvalita provedení šroubových spojů je na vysoké technické úrovni a nedochází k uvolňování šroubových spojů; k uvolnění šroubových spojů dochází z důvodu technologické nekázně při montážních pracích
- zajištění kontroly nn rozváděčů je organizační záležitost

Na základě výše uvedeného by bylo neekonomické řešit kontroly nn rozváděčů formou navýšení rezervních spotřebičů – zejména elektromotorů a doplněním jedné skříně s jističem (ve funkci vypínače).

Výhodnější způsob bude, budou-li hlavní a podružné rozváděče zajištěné ve 2. stupni dodávky elektrické energie napájené do dvou přírodních skříní – z každého transformátoru jeden přívod a mezi těmito přívody bude realizován jednostranný automatický záskok. Jeden přívod bude označen jako hlavní, druhý přívod bude označen jako záložní.

5.2 Hlavní zdroje pro osvětlení

Hlavní světelné zdroje, tj. transformátory vn/nn, v členění základní a rezervní transformátor, budou vždy napájené z hlavního, podélně děleného, vn rozváděče společné spotřeby. Počet rezervních transformátorů vychází zejména z výkonového rozložení elektrické spotřeby a úbytků napětí.

Abychom minimalizovali výkon transformátorů pro osvětlení, požadujeme využívat pohybových čidel, soumrakových spínačů a osvětlení dělit na základní, orientační a svítidla pro krátkodobé přisvícení.

Rovněž transformátory vn/nn pro osvětlení elektrárny předpokládáme suché, ve skříni v provedení s redukcí vyšších harmonických (v elektrárně předpokládáme užití zářivkových a halogenových svítidel s elektronickými předřadníky a tzv. úsporných žárovek).

5.2.1 Nouzové osvětlení

Nouzové osvětlení bude napojeno na staniční akumulátorové baterie o jmenovitém napětí 220 V společné technologie. Doba funkčnosti nouzového osvětlení bude záviset na požadavku požárního řešení stavby, ale min. požadována bude 2 hodiny.

5.3 Provedení vn a nn rozváděčů

Vn rozváděče požadujeme skříňového provedení, minimální krytí IP43/IP00 po otevření dveří, přívody a vývody spodem. Vypínače požadujeme ve výsuvném provedení.

Nn rozváděče požadujeme skříňového provedení, minimální krytí IP43/IP00 po otevření dveří. Jističe v přívodech od transformátorů požadujeme v nevýsuvném provedení, doplněné pevně instalovaným odpojovačem.

Tzv. šuplíkové provedení rozváděčů odmítáme zejména z těchto důvodů:

- špatný přístup ke kontaktním systémům
- značné tepelné namáhání kontaktních zásuvných systémů
- nemožnost jednoduché opravy poškozené součástky
- nemožnost přidání vývodů

6. Měření elektrických energií

V minulosti se obchodnímu a kontrolnímu měření elektrické energie nevěnovala dostatečná pozornost. Zpravidla bylo pouze jedno měření a výpadek byl řešen paušálními sazbami. Jakékoliv snahy o nápravu byly nevyslyšené, protože znamenaly alespoň minimální investici. Bilanční měření bylo pouze „orientační“, pokud vůbec nějaké bylo instalováno. V současné době, kdy výrobce i odběratel chce mít maximální zisk a minimální finanční výlohy se situace výrazně změnila. Rovněž tomu napomáhá široká přístrojová a softwarová vybavenost trhu.

6.1 Obchodní měření elektrické energie

Obchodní měření elektrické energie bude realizováno na prahu elektrárny a to jak u vývodu elektrické energie z vývodového transformátoru do rozvodné elektrické sítě, tak u napájení záložního transformátoru z rozvodné elektrické sítě. Pro měření musí být vyčleněny samostatné transformátory proudu s třídou přesnosti 0,2 %. Měřicí transformátory napětí musí mít rovněž třídu přesnosti 0,2 %. Uvedené třídy přesnosti jsou stanovené ve Vyhlášce MPO č. 218/2001 Sbírky, v platném znění.

K měření budou ve vývodu vývodového transformátoru použité čtyřkvadrantové digitální elektroměry pracující v režimu „DODÁVKA – ODBĚR“, činné a jalové elektrické energie. Měření elektrické energie záložního transformátoru bude realizováno dvoukvadrantovým digitálním elektroměrem pracujícím v režimu „ODBĚR“, činné a jalové elektrické energie. Přesnost elektroměrů je dána Vyhláškou MPO č. 218/2001 Sbírky, v platném znění.

Informace z měřicích transformátorů proudu a napětí se do elektroměrů přenesou pomocí metalických kabelů. Vyhodnocovací aparatura, která bude umístěná mimo areál elektrárny, bude záviset na požadavcích odběratele elektrické energie. Přenos dat z elektroměrů do vyhodnocovacího centra bude řešeno optickým kabelem, záložní přenos bývá obvykle řešen pomocí radiového přenosu – mobilním telefonem.

6.2 Kontrolní měření elektrické energie

Kontrolní měření elektrické energie bude stejné jako obchodní měření, ale bude napojeno na jiná vinutí měřicích transformátorů proudu. Jen záložní přenos dat z elektroměrů do vyhodnocovacího centra (není totožné s vyhodnocovacím centrem obchodního měření) bude realizován přes telefonní digitální ústřednu.

6.3 Měření elektrické energie pro ekonomii provozu

Měření elektrické energie pro ekonomii provozu, tzv. bilanční měření předpokládá instalaci měřicích transformátorů proudu a napětí v následujících místech:

- ve vývodech z obou alternátorů, zde bude měřena elektrická energie dvoukvadrantovými digitálními elektroměry v režimu „DODÁVKA“, činné a jalové elektrické energie

- na sekundárních stranách odbočkového transformátoru proudu – před vstupem do hlavních vn rozváděčů spotřeby bloku; zde bude měřena elektrická energie dvoukvadrantovým digitálním elektroměrem v režimu „OBĚR“, činné a jalové elektrické energie
- na sekundární straně transformátoru společné spotřeby a záložního transformátoru – před vstupem do hlavního vn rozváděče společné spotřeby; zde bude měřena elektrická energie dvoukvadrantovými digitálními elektroměry v režimu „OBĚR“, činné a jalové elektrické energie

Pro měření musí být vyčleněny samostatné transformátory proudu. Přestože přesnost měřících transformátorů proudu a napětí jsou stanoveny již zmíněnou Vyhláškou MPO č. 218/2001 Sbírky, doporučujeme třídu přesnosti 0,5 %. Informace z měřících transformátorů proudu a napětí se do elektroměrů přenesou pomocí metalických kabelů. Vyhodnocovací aparatura bude umístěna v areálu elektrárny. Přenos dat z elektroměrů do vyhodnocovacího centra (není totožné s vyhodnocovacími centry obchodního a kontrolního měření) bude realizován optickými kabely. Toto měření umožní vyčíslit rovněž transformační ztráty vývodového, odbočkového transformátoru, transformátoru společné spotřeby a záložního transformátoru.

6.4 Jednotný energetický čas

Abychom mohli provést analýzu poruchových stavů vybraných zařízení, je nutné mít sjednocenou časovou základnu. Proto předpokládáme, že elektrárna bude mít jednotný energetický čas odvozen z GPS systému (Global Position System).

7. Půdorysné řešení

Všechny rozváděče požadujeme umístit do rozvoden. V prostoru technologií mohou být ovládací skříňky, přechodové skříně a bezpečnostní tlačítka. Důvodem je dosažení technické bezpečnosti zařízení a bezpečnosti osob.

Všechny rozvodny a akumulátorovny nesmí mít žádná okna a tyto prostory musí mít zajištěno dostatečné větrání.

V součásti dozorny požadujeme zřídit elektrodozornu, ze které bude možné dozorovat zavedení elektrické energie do elektrárny a vyvedení elektrické energie z elektrárny.

V blízkosti elektrodozorny požadujeme vytvořit místnost diagnostiky, kde budou analyzovány obvyklé, neobvyklé a poruchové stavy, které se vyskytnou v průběhu provozování elektrárny.

7.1 Generátorový vypínač

Sestavy obou generátorových vypínačů včetně měřících transformátorů proudu a napětí a kondenzátorů pro omezení strmosti nárůstu zotaveného napětí, budou umístěné co nejblíže výstupních stran generátorů v samostatných místnostech – rozvodnách. Pod těmito rozvodnami nejsou nutné kabelové prostory. Potřebná kabeláž bude vedena po zdivu na kabelových roštích nebo drátěných žlabech.

7.2 Vývodový a odbočkový transformátor, transformátory společné spotřeby a záložní transformátor

Umístění vývodového a odbočkového transformátoru, transformátoru společné spotřeby a záložního transformátoru doporučujeme na severní nebo severozápadní straně budovy výrobního bloku pod přístřeškem. Důvodem je nižší venkovní teplota v letních měsících. Pod transformátory musí zhotoveny bezpečnostní jímky pro zachycení oleje v případě havárie některého z transformátorů nebo úkapů olejů. Potřebná ovládací kabeláž bude od transformátorů vedena po zdivu na kabelových roštích nebo drátěných žlabech.

7.3 Zapouzdřené elektrické stanice

Umístění obou elektrických zapouzdřených stanic předpokládáme v samostatném přízemním objektu, případně pod přístřeškem, v blízkosti vývodového a odbočkového transformátoru, transformátoru společné spotřeby a záložního transformátoru. Pochopitelně bude účelné minimalizovat rozměry této stanice, avšak je nutné mít na zřeteli dostupné zajištění komunikací pro možnost oprav a diagnostiky zařízení. Potřebná kabeláž bude od elektrických stanic vedena po zdivu na kabelových roštích nebo drátěných žlabech nebo ve shora přístupných kabelových kanálech.

7.4 Hlavní vn rozváděče spotřeby bloků a společné spotřeby

Hlavní vn rozváděče spotřeby bloku požadujeme umístit v blízkosti odbočkového transformátoru. Hlavní vn rozváděč společné spotřeby je vhodné umístit k transformátoru společné spotřeby. Pod rozvodnou bude vytvořen průchozí kabelový prostor. Kabely budou uloženy na kabelových rošttech nebo drátěných žlabech.

7.5 Podružné vn a nn rozváděče spotřeby bloků a společné spotřeby

Podružné vn rozváděče spotřeby bloku a společné spotřeby včetně transformátorů vn/nn a hlavních a podružných nn rozváděčů pro technologické zařízení spotřeby bloku a společné spotřeby požadujeme umístit „do těžiště“ technologie. Důvodem jsou minimální vzdálenosti a příznivé úbytky napětí. Pod rozvodnou bude vytvořen průchozí kabelový prostor. Kabely budou uloženy na kabelových rošttech nebo drátěných žlabech.

7.6 Zařízení zajištěného napájení

Stejnoseměrné rozváděče, usměrňovače a akumulátorovny požadujeme umístit rovněž „do těžiště“ technologie. Důvodem jsou rovněž minimální vzdálenosti a příznivé úbytky napětí u stejnosměrného zařízení. Pod rozvodnami bude vytvořen průchozí kabelový prostor. Kabely budou uloženy na kabelových rošttech nebo drátěných žlabech.

Akumulátorovny požadujeme umístit co nejblíže stejnosměrným rozváděčům. Pod akumulátorovnami nebudou žádné kabelové prostory. Potřebná kabeláž bude od staničních akumulátorových baterií vedena po zdivu na kabelových rošttech.

7.7 Dieselalternátor

Umístění alternátoru doporučujeme v samostatné místnosti, z důvodu požární bezpečnosti a bezpečnosti osob (značný hluk, možnost leknutí osoby v blízkosti živé části a následný úraz elektrickým proudem), v blízkosti hlavních a podružných nn rozváděčů. Dieselalternátor požadujeme umístit na samostatný základ oddělený od okolní podlahy. Potřebná kabeláž bude od dieselalternátoru vedena po zdivu na kabelových rošttech nebo ve shora přístupném kabelovém kanálku v podlaze v blízkosti dieselalternátoru.

8. Rozvodné soustavy

Stávající rozvodné soustavy jsou dány parametry rozvodných soustav v daných lokalitách. Ale zamyslíme-li se nad výhodností nebo nevýhodností té či jiné rozvodné soustavy je nutné si uvědomit, že základ tví v technických možnostech elektrovedních materiálů, v technických parametrech izolačních materiálů a elektrických ztrátách. V žádném případě nelze zanedbat ekonomické hledisko!

8.1 Zařízení vvn, vn

Vyvedení výkonu do rozvodné elektrické sítě 220 kV je dané zadáním bakalářské práce. Nicméně výkon s navržené elektrárny lze vyvést do rozvodné sítě 110 kV nebo 400 kV. Změna velikosti napětí rozvodné soustavy bude mít dopad zejména do zkratové odolnosti zapouzdřené elektrické stanice.

Napětíová úroveň vn rozváděčů, obvyklá v České republice, je 6,3 kV. Napětí však lze zvýšit na napětíovou úroveň 10,5 kV, která je obvyklá v některých vyspělých zemích Evropské unie.

Napětí alternátoru není uvedeno, ale obvykle se pohybuje u předpokládaného výkonu alternátoru 250 MW na úrovni cca 20 kV.

8.2 Zřízení nn a stejnosměrná zařízení

Nízkonapětíovou střídavou úroveň předpokládáme na úrovni 400 V ~ AC a 230 V ~ AC, což jsou obvyklá napětí v České republice a Evropské unii.

Stejnoseměrná zařízení využívají napětí:

- 220 V – zejména jako ovládací napětí vn a nn rozváděčů, elektrických stanic, stejnosměrných motorů
- 24 V – zejména pro vstupní/výstupní stranu řídicího systému elektrárny, napájení čidel EPS, digitální elektrické ochrany
- cca 440 V – napájení stejnosměrných meziobvodů; zdrojů nepřetržitého napájení

9. Závěr

Z návrhu zapojení vlastní spotřeby elektrotechnické části paroplynové elektrárny je zřejmé, že musí být přihlédnuto k mnoha aspektům, které buď přímo nebo nepřímo souvisí s elektročástí. Odhlédneme-li od elektrotechnické části, tak zejména půdorysné řešení vyžaduje přísnou koordinaci, aby nedošlo k nežádoucím kolizím s potrubím, různými nosíky apod. A to přesto, že jsou používány speciální trojrozměrné softwary.

Cílem této práce bylo navržení vlastní spotřeby elektrotechnické části paroplynové elektrárny. U jednotlivých technologických celků elektročásti, např. budicí soustava, alternátor, zapouzdřené elektrické stanice apod., bylo využito těch výrobků, které mají pro budoucího provozovatele optimální vlastnosti nebo z důvodu strategie; např. není použitý běžně výrobcí propagován budicí transformátor, ale je navržen budicí generátor, protože nepotřebuje „cizí“ napájení, využívá remanence, a setrvačná hmota rotoru dovede „vstřebat“ i nepříjemné harmonické. Obdobně odbočkový transformátor je volen trojvinuťový, protože je schopen odolat vyšším zkratovým proudům, než instalovat dvoujádrový transformátor a reaktor, který je neekonomický – odebírá trvale činnou energii. Lze říci, že navrhování zapojení vlastní spotřeby elektrárny znamená vybrat optimální elektrická zařízení a vhodně tato zařízení propojit a využít jejich vlastností. Je nezbytné pořád sledovat vývoj těchto strojů a přístrojů, neboť provozování elektrárny představuje období minimálně 25 let a než dojde k vlastní realizaci, tak obvykle uplyne doba min. cca 3 let.

Bakalářská práce byla zpracována na základě zadání společnosti ČEZ, která může texty a schémata bakalářské práce volně publikovat dle svých potřeb.

Rovněž bych chtěl poděkovat Ing. Leo Vítovi ze společnosti ČEZ – specialista elektro z útvaru centrálního inženýringu klasických elektráren, mající pracoviště na Elektrárně Dětmarovice, za odborné vedení a spoustu podnětných připomínek při zpracování bakalářské práce.

Návrh zapojení vlastní spotřeby elektrotechnické části vyžaduje nejen praxi v oboru, která je určitě velmi důležitá, ale zejména teoretické znalosti elektrotechniky, které umožňují správná rozhodnutí a návrhy. Věřím, že i já jsem svou troškou přispěl k optimálnímu návrhu řešení elektrotechnické části vlastní spotřeby elektrárny, přestože nemám v daném oboru žádné zkušenosti. A to je právě důvod, aby jste omluvili případné drobné nedostatky, které naleznete v bakalářské práci.

Literatura

Firemní literatura ČEZ, a.s.

Přílohy

Příloha 1 Přehledové schéma zapojení elektrárny

Příloha 2 Přehledové schéma zapojení zajištěného napájení

Seznam obrázků

Obrázek 1	Schéma alternátoru a budícího systému	14
Obrázek 2	Schéma generátorového vypínače	15
Obrázek 3	Schéma vývodového transformátoru	17
Obrázek 4	Schéma zapouzdřené elektrické stanice.....	18
Obrázek 5	Schéma odbočkového transformátoru	19
Obrázek 6	Schéma hlavního vn rozvaděče bloků	20
Obrázek 7	Schéma transformátoru společné spotřeby	21
Obrázek 8	Schéma zapouzdřené elektrické stanice vvn – 110 kV	22
Obrázek 9	Schéma záložního transformátoru	23
Obrázek 10	Schéma hlavního vn rozvaděče společné spotřeby	24
Obrázek 11	Schéma dieselalternátoru	27
Obrázek 12	Schéma střídavé zdroje zajištěného napájení	29
Obrázek 13	Schéma stejnosměrného zdroje zajištěného napájení	31